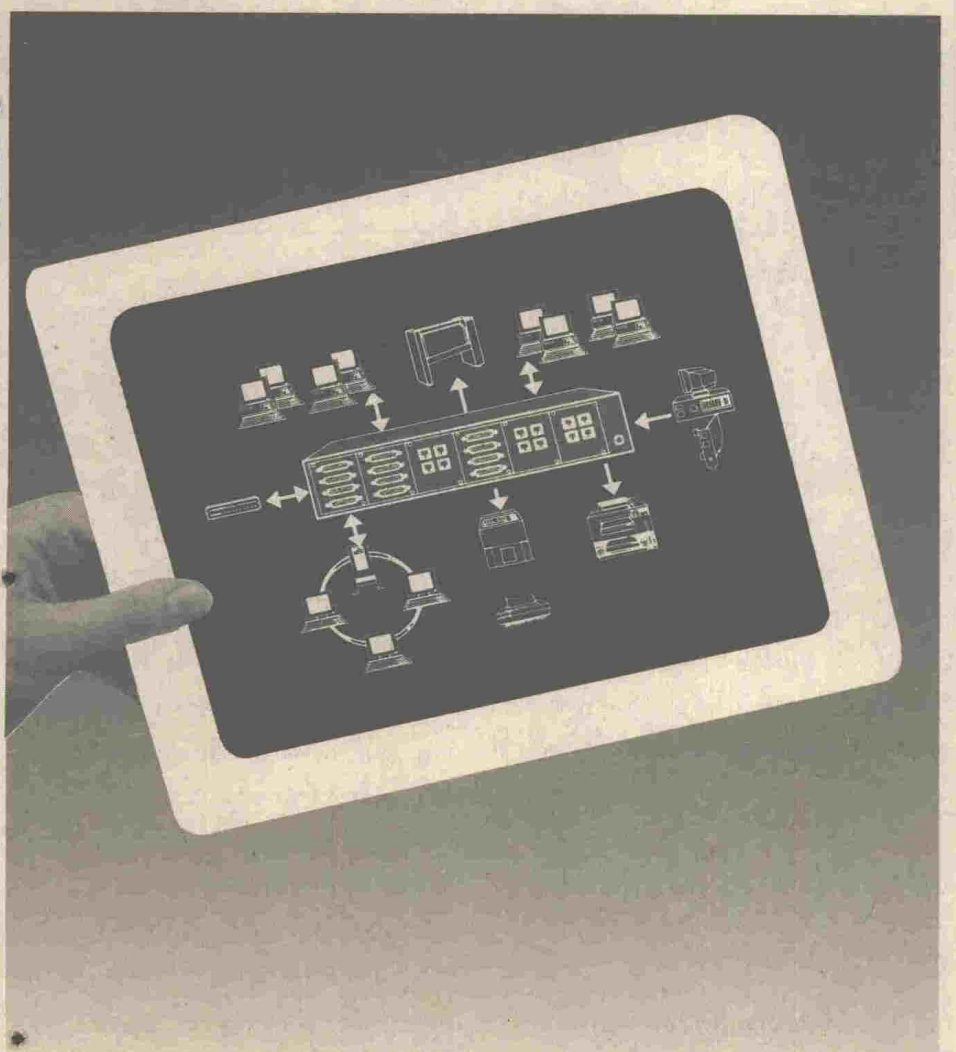
ยืน ภู่วรวรรณ

แนะนำอุปกรณ์ประกอบเครือข่าย

กว่าจะติดต่อสื่อสารกันระหว่างคอมพิวเตอร์เป็นเครือข่ายได้ ต้องผ่านอุปกรณ์หลายรูปแบบ



เครือข่ายคอมพิวเตอร์เป็นความหวังที่จะทำให้คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องเชื่อมโยงเข้าหากันได้ สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ถึงกัน การสื่อสารข้อมูลเหล่านี้จำเป็นจะต้องมีมาตรฐานต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องอยู่มากมาย มาตรฐานเหล่านี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากต่างบริษัทสามารถใช้งานร่วมกันได้ อย่างไรก็ดี การเชื่อมโยงเครือข่ายเหล่านี้บางครั้งก็ต้องต่างมาตรฐานกัน จึงจำเป็นต้องมีตัวแปลงมาตรฐานหรือมีระบบปรับเปลี่ยนบางอย่าง เพื่อให้การเชื่อมต่อเกิดขึ้นได้ทั้งทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

การเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์เริ่มจากเชื่อมโยงกันภายใน เป็นเครือข่ายขนาดเล็กที่เรียกว่า LAN (Local Area Network) จาก LAN หลาย ๆ ระบบเชื่อมเข้าหากันภายในองค์กร เชื่อมระหว่างองค์กรเข้าสู่เครือข่ายในเมืองในประเทศและข้ามเลยออกไประหว่างประเทศ

จากการเชื่อมโยงที่มีความจำเป็นมากขึ้นเป็นลำดับ วงในปัจจุบันองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) หรือ ANSI หรือ CCITT จึงมีงานทำกันมาก ที่จะต้องเร่งรีบกำหนดมาตรฐานต่าง ๆ อย่างไรก็ตามมักพบว่า บริษัทเอกชนที่มีการค้นคว้าวิจัยจะเริ่มดำเนินการไปก่อนที่จะมีมาตรฐาน

เครือข่ายคอมพิวเตอร์อาจเริ่มตั้งแต่การใช้มินิคอมพิวเตอร์ในสมัยก่อน

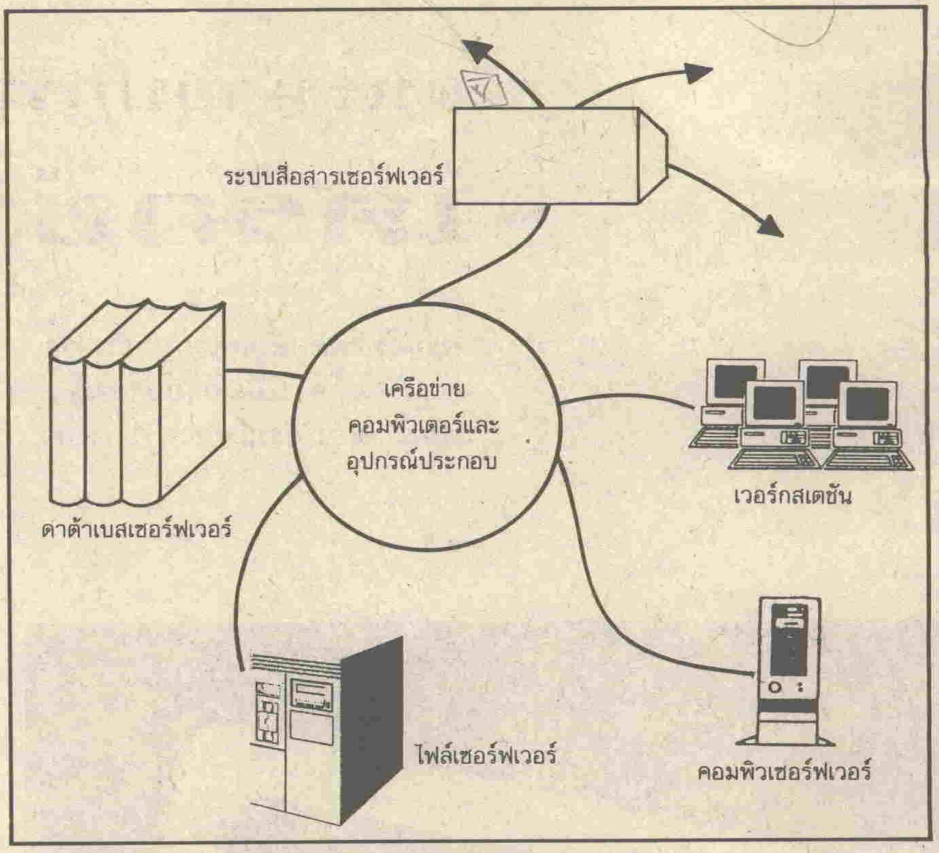
ที่ใช้เชื่อมต่อกับเทอร์มินัล ด้วยสายสื่อสารขนาด 9600 บิตต่อวินาที ต่อมาความจำเป็นของการสื่อสารข้อมูลเพิ่มขึ้นมีการขยายความเร็วของสายสื่อสารข้อมูลได้อีกมาก ปัจจุบันสถาบัน ANSI ได้กำหนดมาตรฐานเครือข่ายเกี่ยวกับ FDDI ที่มีความเร็วได้ถึง 100 เมกะบิตต่อวินาที และกำลังร่างมาตรฐานขนาด 1 จิกะไบต์ต่อวินาที การที่มีระบบเครือข่ายหลายแบบ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบเครือข่ายเพื่อให้ระบบสมบูรณ์ และเหมาะสมกับสภาพการใช้งานยิ่งขึ้น

ความเป็นมาของเครือข่ายและการพัฒนาอุปกรณ์ประกอบ

ในยุคแรกอุปกรณ์คอมพิวเตอร์มีราคาแพง แต่จากการคิดค้นพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ไมโครโปรเซสเซอร์ทำให้การประยุกต์ใช้เป็นไปอย่างกว้างขวาง ไมโครโปรเซสเซอร์จึงเป็นอุปกรณ์เข้ามาช่วยในการดำเนินการให้เกิดความเชื่อมโยงข้อมูลข่าวสารระหว่างระบบ และมีการพัฒนาอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดการระบบได้เป็นอย่างดี

ความต้องการอุปกรณ์เข้ามาเชื่อมโยงระบบก็เพื่อต้องการเพิ่มขีดความสามารถของระบบให้สูงขึ้น และเชื่อมโยงระบบให้เป็นระบบเดียวกัน ต้องการใช้ทรัพยากรร่วมกัน และลดต้นทุนของระบบรวมลง พร้อมทั้งประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ ได้มากขึ้น

แนวความคิดของระบบจึงใช้วิธีการแบ่งแยกการทำงานโดยให้แต่ละส่วนมีจุดเด่นของตนเองแล้วเชื่อมโยงเป็นระบบด้วยเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การใช้เครือข่ายและอุปกรณ์ประกอบเชื่อมโยงให้เป็นระบบเดียว

การเชื่อมต่อจึงหมายถึงการแบ่งกันใช้งาน แบ่งกันใช้เครื่องพิมพ์ แบ่งกันใช้แฟ้มข้อมูล แบ่งกันใช้โปรแกรม มีการติดต่อสื่อสารถึงกันได้ อย่างไรก็ดีการเชื่อมโยงนั้นอาจเริ่มจากการมีอุปกรณ์ เช่น คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ประกอบเพียงสองสามเครื่องจนถึงมีอุปกรณ์ที่ต้องเชื่อมโยงกันเป็นร้อย ๆ อาจจะมีคุณลักษณะยี่ห้อต่างกันหรือเหมือนกันก็ได้

อุปกรณ์การเชื่อมโยงแบบราคาถูก

การเชื่อมโยงแบบง่ายที่สุดในกรณีเชื่อมโยงกันภายใน เพื่อใช้งานเฉพาะ เช่น ใช้เครื่องพิมพ์ร่วมกัน แลกเปลี่ยนข้อมูลหรือแฟ้มระหว่างกัน ในกรณีนี้อาจใช้อุปกรณ์ง่าย ๆ เช่น

ใช้สายเชื่อมโยงระหว่างพีซีสองเครื่อง เป็นการเชื่อมโยงผ่านทางพอร์ต COM เพื่อทำการแลกเปลี่ยนข้อมูล หรือทำการโอนย้ายแฟ้มข้อมูล

ใช้สวิตช์สลับสาย ในลักษณะนี้มีอุปกรณ์ที่ทำมาเฉพาะ เช่น สวิตช์บ็อกซ์สำหรับเครื่องพิมพ์ ใช้กับคอมพิวเตอร์หลายเครื่องกับเครื่องพิมพ์หลายเครื่อง มีการสวิตช์เลือกสายทั้งที่เป็นแบบอัตโนมัติหรือด้วยมือ

Zero slot LAN เป็นการเชื่อมต่อไมโครคอมพิวเตอร์หลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกันโดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วย แต่ละตัวจะต่อกับพอร์ตที่มีอยู่แล้ว เช่น COM1 COM2 เป็นต้น

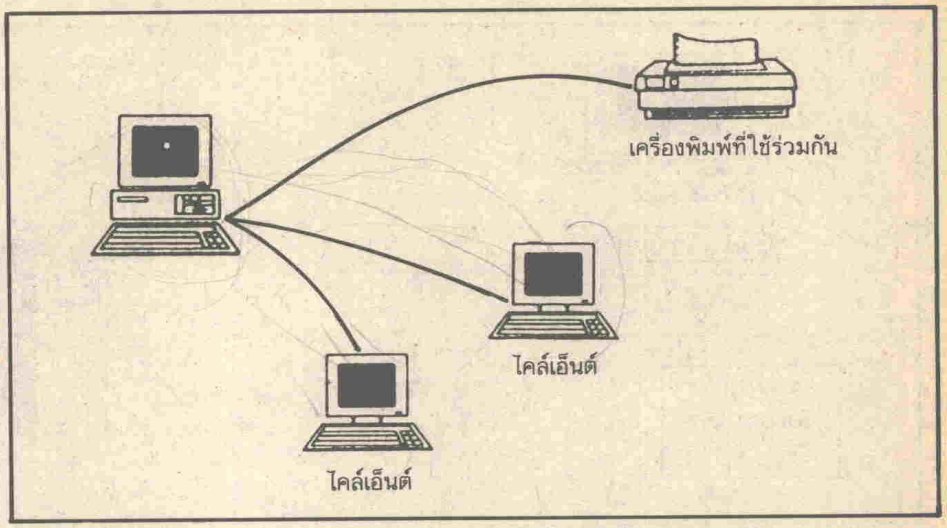
ตัวกลางสำหรับโยงข้อมูล

ตัวกลางสำหรับโยงข้อมูลเป็นอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่เข้ามามีบทบาทต่อการสร้างระบบเครือข่าย ตัวกลางเชื่อมโยงข้อมูลที่นิยมใช้มี

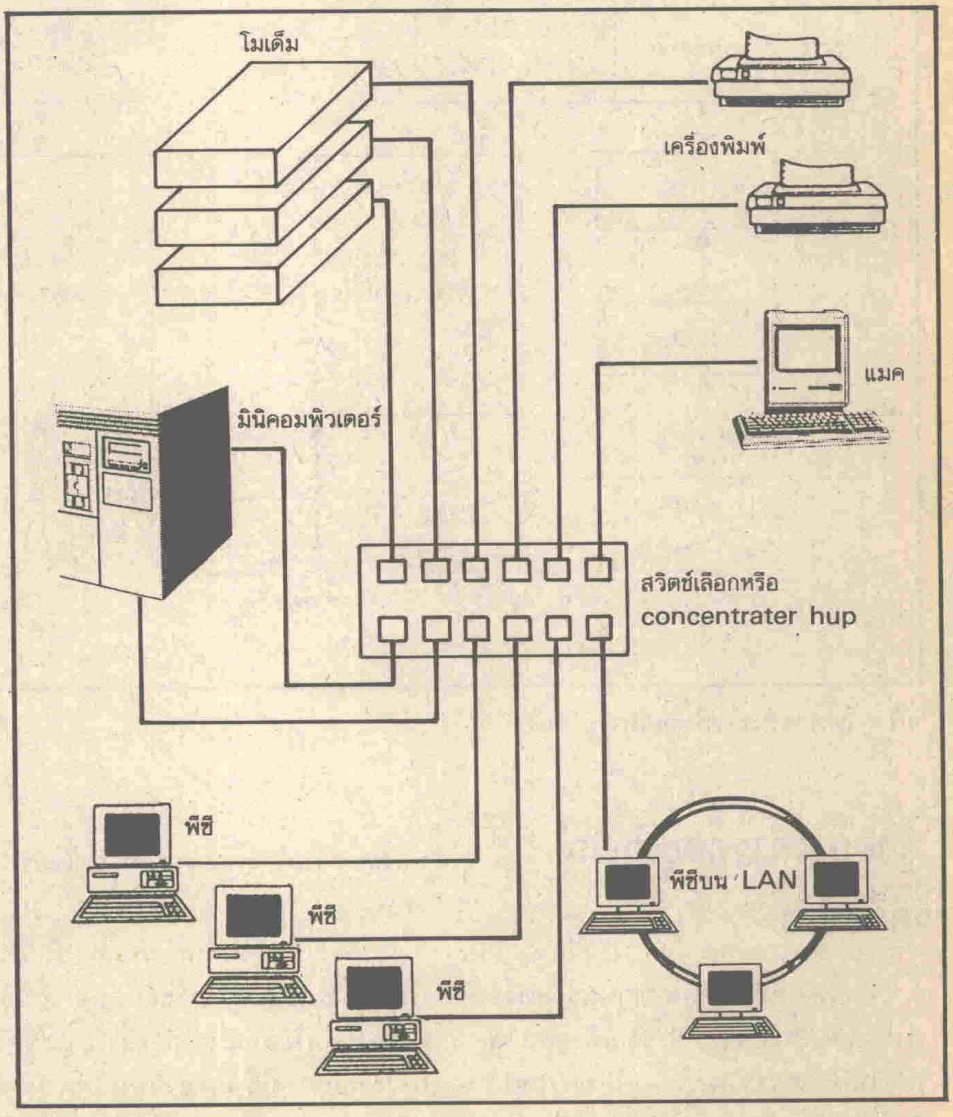
สายยูทีพี (UTP) สายนี้เป็นตัวย่อของคำว่า Unshield Twisted Pair เป็นสายคู่บิดเกลียวที่ใช้ในวงจรโทรศัพท์ต่อมาได้ปรับปรุงให้ดีขึ้น สายยูทีพีที่นิยมเดินในปัจจุบันได้ปรับปรุงคุณสมบัติจนสามารถใช้กับสัญญาณขนาด 10 เมกะบิตได้ สายยูทีพีรุ่นใหม่ ๆ นี้มักนิยมเดินแบบ 8 สายใน ซึ่งต่อเข้ากับหัวต่อแบบ RJ45 ซึ่งเป็นหัวต่อที่ใช้กับโทรศัพท์ทั่วไป การที่มีสายไว้หลายเส้นก็เพื่อให้หัวต่อ RJ45 เป็นหัวต่อมาตรฐานที่เลือกใช้สัญญาณในเส้นใดก็ได้ เช่น ใช้เป็นสายอนุกรม RS232 ใช้เป็นสาย 10 เมกะบิต แบบอีเธอร์เน็ตแบบ 10 BASET ใช้เป็นสายของสัญญาณเสียงสำหรับองค์การโทรศัพท์

สายโคแอกเชียล เป็นสายประเภทมีสายชีลด์ประกอบอยู่ด้วยเป็นสายกลมมีชีลด์ล้อมรอบ เป็นสายที่ใช้สำหรับสัญญาณความถี่สูง สายโคแอกเชียลที่ใช้มีหลายแบบตามคุณลักษณะทางด้านความต้านทานของสาย สายโคแอกเชียลเป็นสายที่ใช้ในงานเครือข่าย เช่น เป็นสายอีเธอร์เน็ตแบบหนา และแบบบาง เป็นต้น

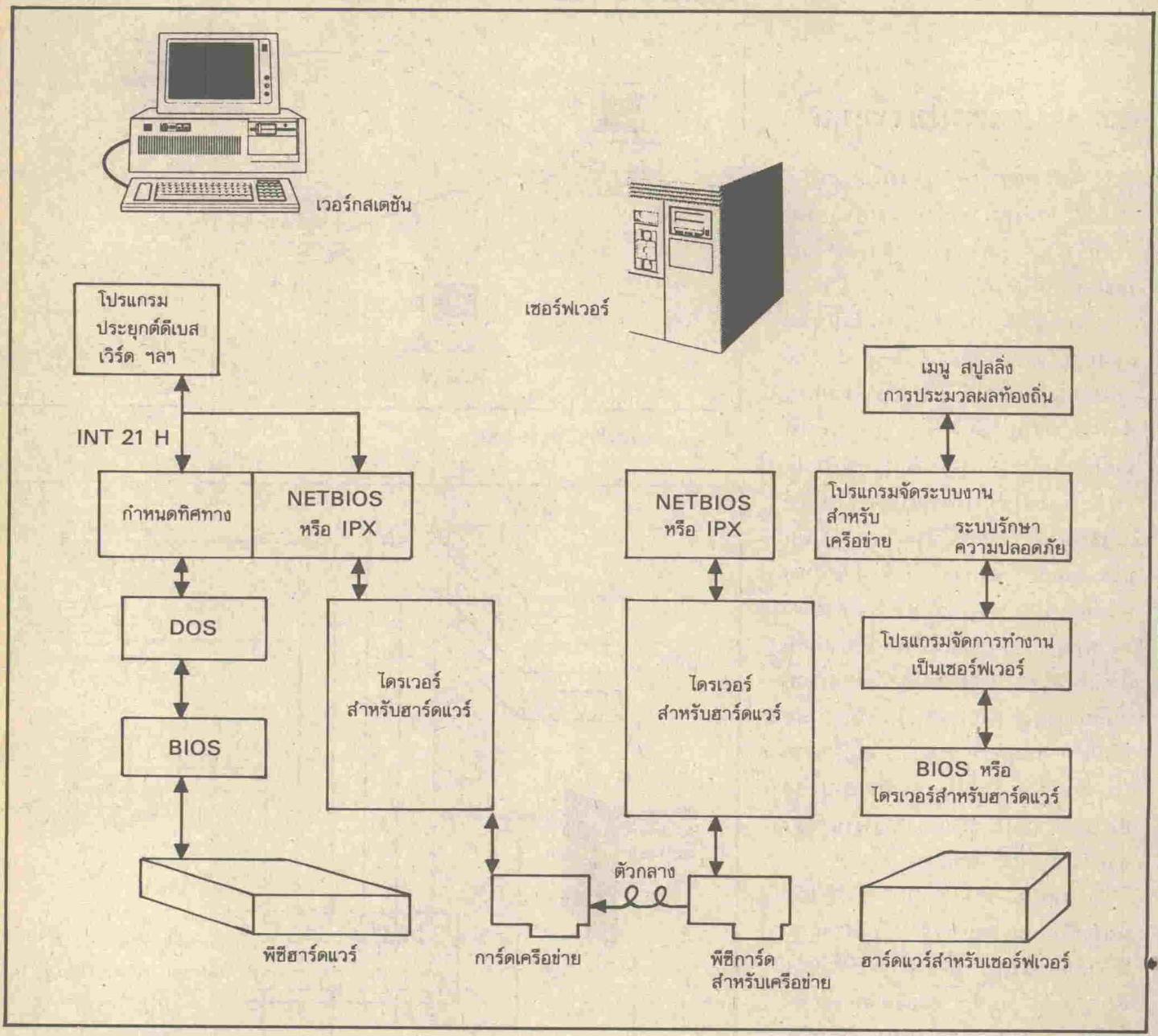
สายเส้นใยแสง เป็นสายที่ใช้แสงเดินทางภายในหลอดใยแก้ว ใช้แสงความถี่สูงวิ่งไปตามสายใยแก้ว สายชนิดนี้นำสัญญาณข้อมูลได้มาก แต่ราคาแพงเหมาะที่จะใช้เป็นสายหลักสำหรับเครือข่ายที่ต้องการ



รูปที่ 2 การต่อเชื่อมแบบ Zero slot LAN



รูปที่ 3 การใช้ตาต้าสวิตช์



รูปที่ 4 โมเดลของระบบเครือข่ายและการเชื่อมต่อ

ตัวอย่างการต่ออุปกรณ์เครือข่าย

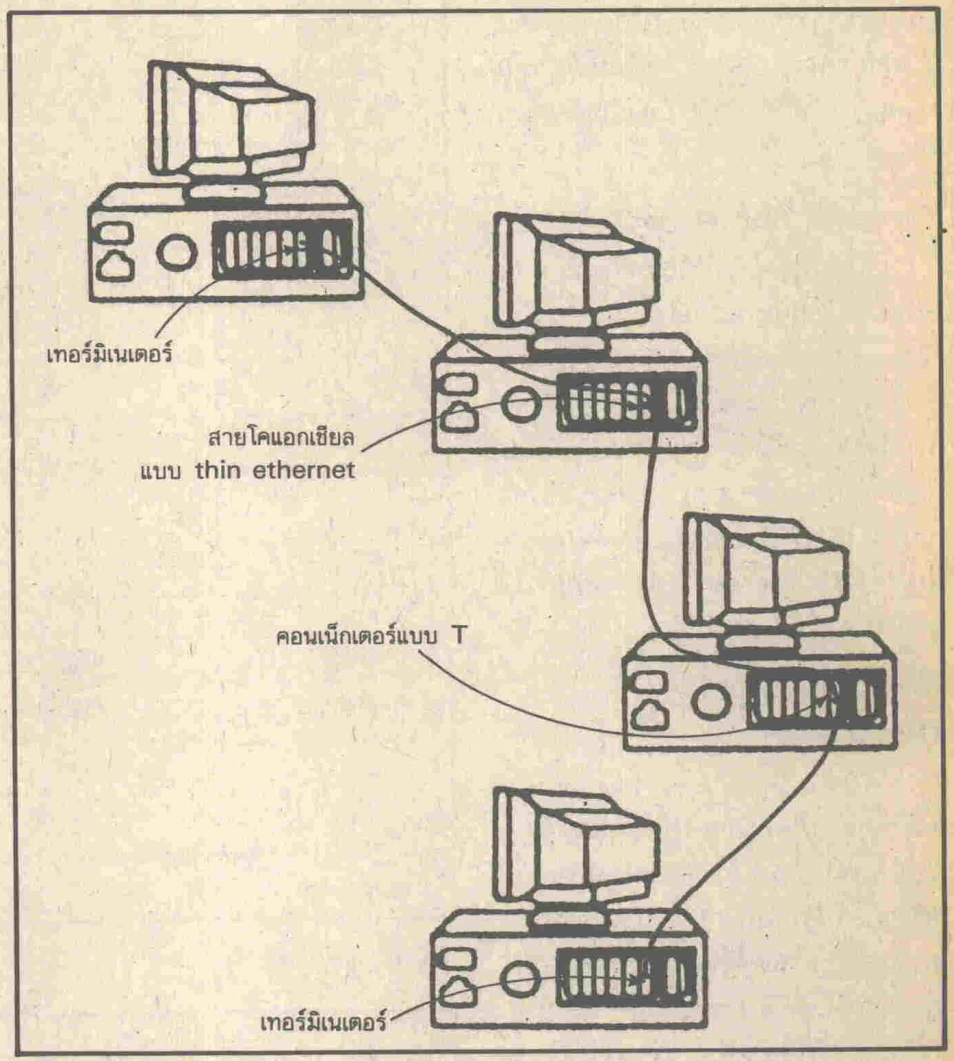
เพื่อให้เห็นภาพของอุปกรณ์เครือข่ายได้ชัด ในที่นี้จะกล่าวในเชิงรูปภาพเพื่อให้หลักการในการเชื่อมโยงเครือข่าย (รูปที่ 4) เป็นการเชื่อมโยงเครือข่ายของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับเซอร์ฟเวอร์

การเชื่อมต่อหลายเครื่องเข้าเป็นกลุ่มของ LAN แต่ละกลุ่มจะต้องมีการ์ดเชื่อมโยงที่เสียบต่อ ลักษณะของการ์ดและการเชื่อมโยงแบบอีเธอร์เน็ตแบบ thin ethernet แสดงดังรูปที่ 5

อุปกรณ์ประกอบที่ใช้ในการเชื่อมโยงเครือข่ายให้เป็นระบบ มีมากมายหลายอย่าง อุปกรณ์แต่ละตัวใช้งานในหน้าที่ต่าง ๆ กัน เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนขึ้นในที่นี้ขอนำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาขยายความ ดังนี้

Transceivers

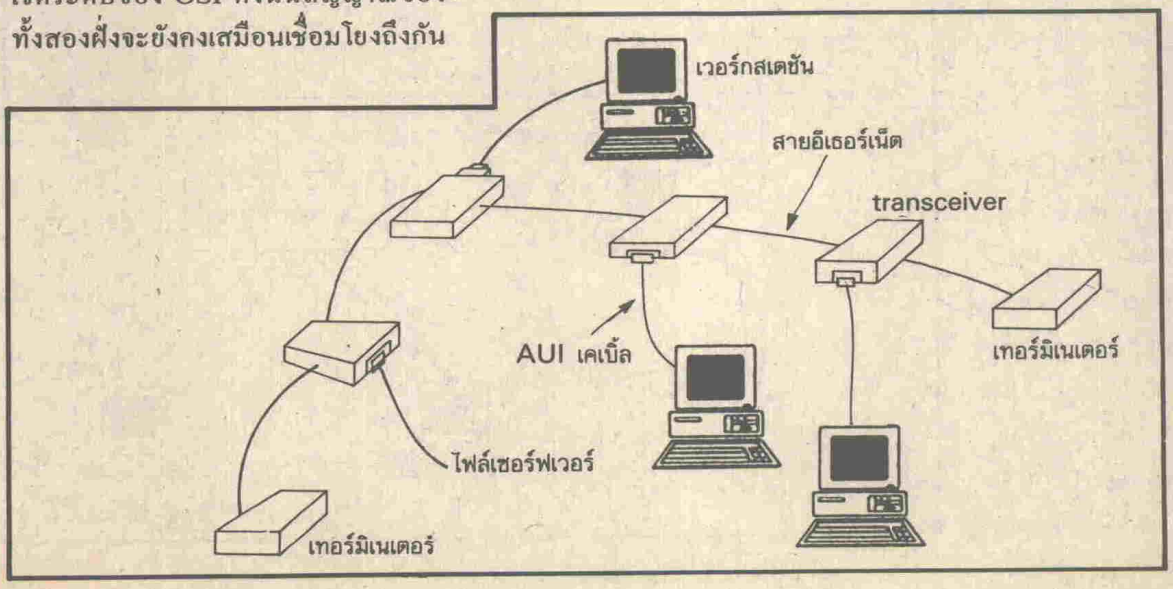
Transceivers เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ (พีซี) กับเครือข่าย เพื่อให้เกิดการสื่อสารข้อมูลไปยังเครื่องได้ อุปกรณ์ Transceivers อาจอยู่ในรูปการ์ดอะแดปเตอร์ที่ใช้เสียบบนสล้อตของพีซี อุปกรณ์นี้จะต้องเชื่อมต่อกับตัวกลางที่ใช้ได้ถูกต้องตามมาตรฐาน เช่นเป็น Ethernet ใช้สายโคแอกเชียล การเชื่อมต่อก็จะมีหัวต่อเป็นตัวทีเพื่อต่อกับสาย ถ้าตัวกลางเป็น UTP Unshield Twisted Pair ตัวรับส่งก็จะต้องมีหัวต่อที่จะใช้กับสายชนิดนี้ได้ นอกจากนี้ยังมีแบบที่เชื่อมต่อกับเคเบิ้ลใยแสง นอกจากนี้จะมี Transceivers ที่แยกออกมาภายนอก และมีหัวต่อสายแบบ AUI (Attach Unit Interface) ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 แสดงการต่อด้วยหัวต่อ T เข้ากับการ์ด LAN มีเทอร์มิเนเตอร์ปิดหัวท้าย

รีพีตเตอร์

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับขยายสัญญาณจากส่วนหนึ่งของเครือข่ายให้มีสัญญาณแรกพอที่จะส่งต่อเข้าไปยังเครือข่ายอีกส่วนหนึ่ง รีพีตเตอร์เป็นการเชื่อมเครือข่ายในระดับล่างสุดตามโมเดลเจ็ดระดับของ OSI ดังนั้นสัญญาณของทั้งสองฝั่งจะยังคงเสมือนเชื่อมโยงถึงกัน



รูปที่ 6
แสดงตัว transceiver
ที่อยู่ภายนอก

โมเดลของรีพีตเตอร์เขียนได้ดังรูปที่ 7 LAN1 และ LAN2 เสมือนเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายเดียวกัน สัญญาณวิ่งทะลุถึงกัน

Concentrator แบบ 10 BASET

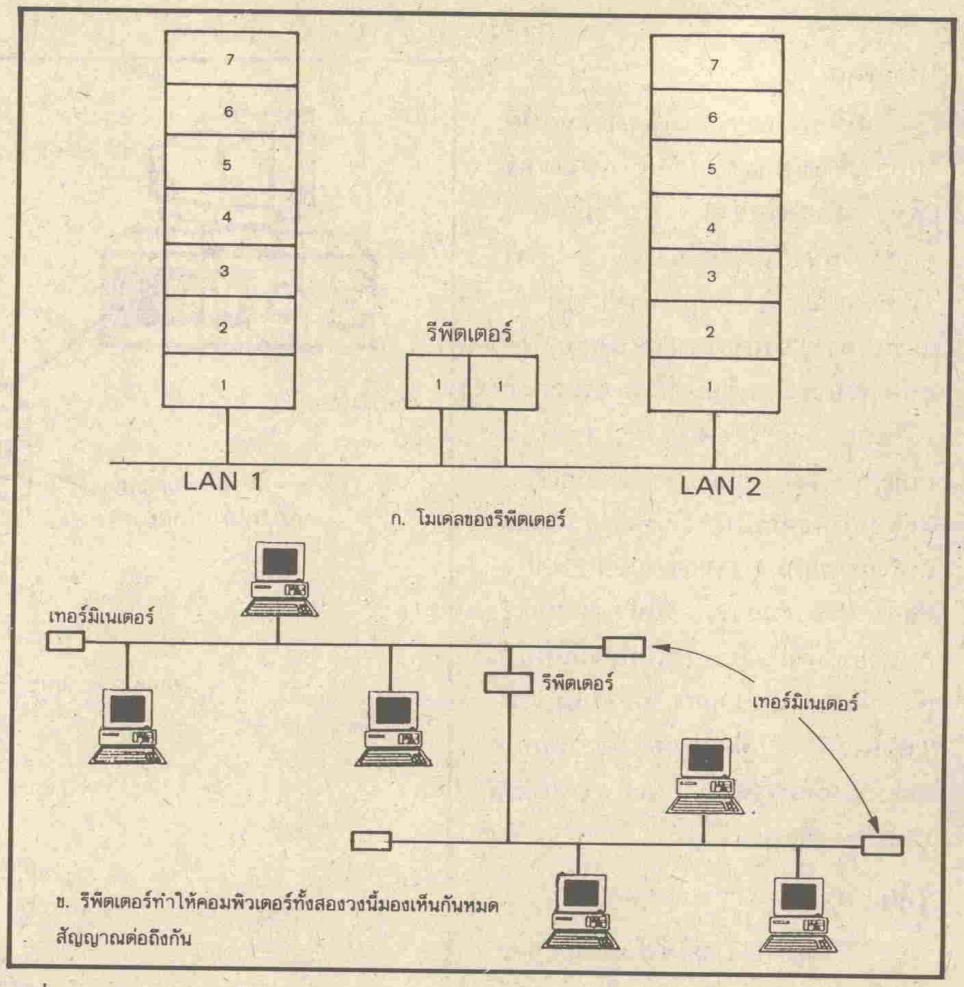
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบบัส แต่ให้แตกกระจายไปยังเวอร์กสเตชันต่าง ๆ กระจายออกไปในลักษณะรูปดาว ข้อสะดวกของการใช้อุปกรณ์นี้ก็เพื่อลดความเร็ว หรือลดตัวกลาง เช่นสาย ทำให้ระบบมีราคาถูกลง ใช้งานได้ง่าย เช่น กระจายด้วยสาร UTP โครงสร้างการใช้อุปกรณ์แสดงดังรูปที่ 8

เทอร์มินัลเซอร์ฟเวอร์ (Terminal Server)

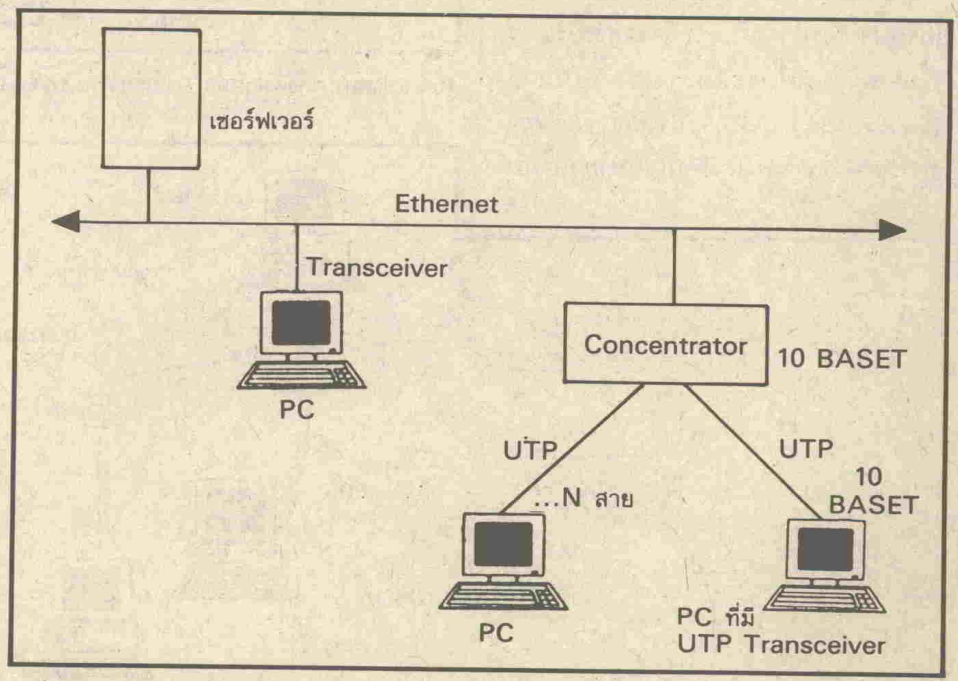
เป็นอุปกรณ์ที่ต่อเชื่อมอยู่บนเครือข่าย เพื่อสนับสนุนการทำงานกับระบบเทอร์มินัลเดิมที่ต่อแบบอนุกรม RS232 ในรูปแบบ ASCII เทอร์มินัล การต่อเชื่อมโยงเครือข่ายกับเทอร์มินัลผ่านเทอร์มินัลเซอร์ฟเวอร์นี้ ถ้าอยู่ในเครือข่ายที่ใช้ซอฟต์แวร์ TPC/IP ร่วมกันก็ทำให้เทอร์มินัลสามารถใช้งานกับคอมพิวเตอร์หลักตัวอื่น ๆ ได้ ดังรูปที่ 9

T1 มัลติเพล็กเซอร์

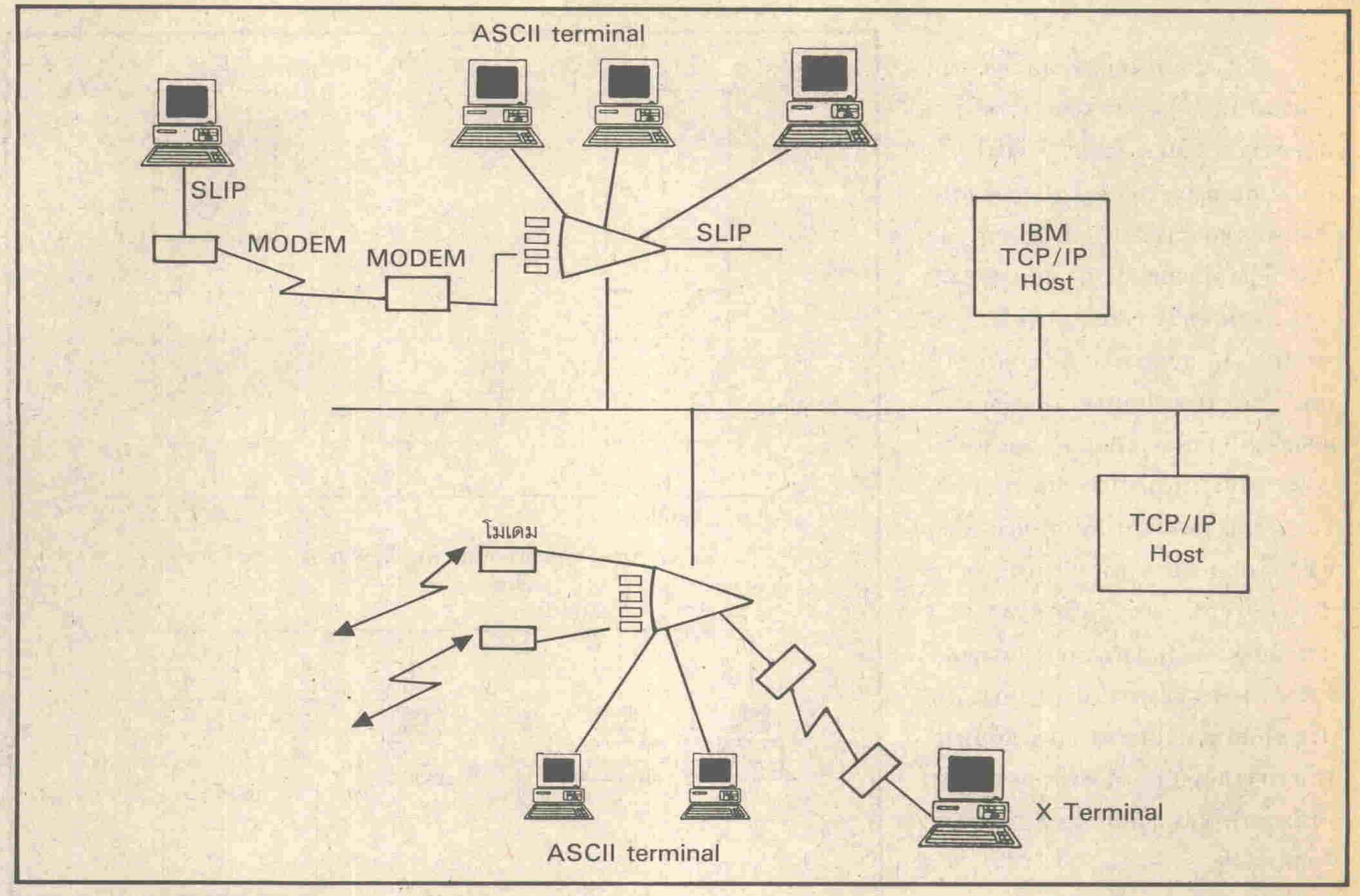
มัลติเพล็กเซอร์ T1 เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อที่ใช้เชื่อมระหว่างเครือข่าย LAN กับ WAN (Wide Area Network) การเชื่อมต่อด้วยมัลติเพล็กเซอร์นี้ จึงเป็นการเชื่อมต่อที่จะส่งข้อมูลเข้าหากัน ระดับของการเชื่อมต่อจึงอยู่เพียงแค่ระดับที่ 1 ของ OSI ที่มี 7 ระดับ การเชื่อมต่อโดยมัลติเพล็กเซอร์ T1 นี้ จึงต้องเชื่อมต่อในเน็ตเวอร์กที่มีโปรโตคอลแบบเดียวกัน หากเน็ตเวอร์กทั้งสอง



รูปที่ 7 โมเดลของรีพีตเตอร์



รูปที่ 8 โครงสร้างการต่ออุปกรณ์ของ Ethernet



รูปที่ 9 การใช้เทอร์มินัลเซอร์ฟเวอร์ในเครือข่ายเทอร์มินัลเซอร์ฟเวอร์

ต่างโปรโตคอลกัน เช่น อีเธอร์เน็ต โทเก้นริง หรือ FDDI จำเป็นจะต้องมี บริดจ์ หรือเราต์เตอร์ หรือเกตเวย์ช่วย อีกชั้นหนึ่ง เพื่อทำการเปลี่ยนโปรโตคอล ให้ใช้ร่วมกันได้ มัลติเพล็กเซอร์ T1 มี อีกมาตรฐานหนึ่งที่เรียกว่า Fractional T1 เป็นระบบที่ใช้เชื่อมเครือข่ายที่ ความเร็ว 56 หรือ 64 กิโลบิตต่อวินาที

บริดจ์ (Bridge)

บริดจ์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้มาตรฐาน OSI สองระดับล่าง คือระดับฟิสิคัล และระดับดาต้าลิงค์ จะเห็นว่าบริดจ์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานครบทั้งสองระดับ ครอบการทำงานของ LAN ที่แบ่งแยก ดาต้าลิงค์เป็น LLC และ MAC (Logical Link Control และ Medium Access Control) บริดจ์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อม เครือข่าย LAN สองเครือข่ายที่ใช้ โปรโตคอลแบบเดียวกันด้วย

การใช้บริดจ์จะมองไม่ทะลุใน ระดับที่สูงขึ้นไป บริดจ์จึงเป็นอุปกรณ์ พื้นฐานและมีโครงสร้างง่ายกว่าเราต์เตอร์ หรือเกตเวย์ โครงสร้างการทำงานของ บริดจ์จะมีลักษณะรับข้อมูลแล้วเก็บไว้ หลังจากนั้นจึงส่งต่อออกไป ที่เรียกว่า store and forward

บริดจ์จะไม่มีการแปลงโปรโตคอล หรือดัดแปลงรูปแบบฟอร์แมตของข้อมูล บริดจ์จึงต้องใช้กับเน็ตเวอร์กที่มีลักษณะ เหมือนกันทั้งฟอร์แมตข้อมูลและโปร-โตคอล

บริดจ์บางตัวต้องการให้มีการ กำหนดทิศทางหรือตารางการกำหนด เส้นทางข้อมูลไว้อย่างแน่นอนโดยมี การกำหนดไว้ใน IEEE802.1 จะเป็น ตัวกำหนดเส้นทางการส่งข้อมูล การ กำหนดเส้นทางนี้ยังไม่ชาญฉลาดเหมือน อุปกรณ์เราต์เตอร์ ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

เราต์เตอร์ (Routers)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมโยงเครือข่าย คอมพิวเตอร์แบบ LAN ซึ่ง LAN สองเครือข่ายที่เชื่อมกันนี้มีโปรโตคอล ต่างกัน เราต์เตอร์ใช้ระดับของ OSI สามระดับล่าง เราต์เตอร์จึงทำหน้าที่ ควบคุมการไหลของข้อมูล เพื่อกำหนด เส้นทางให้ถูกต้อง

OSI ระดับสามคือระดับเน็ตเวอร์ก เป็นระดับที่สำคัญหลักของเราต์เตอร์ในการทำงาน ในระดับนี้เราอาจเรียกว่าเป็น internet protocal (IP) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ TCP/IP มาตรฐานของ OSI ที่กำหนดเกี่ยวกับ IP คือ OSI8473

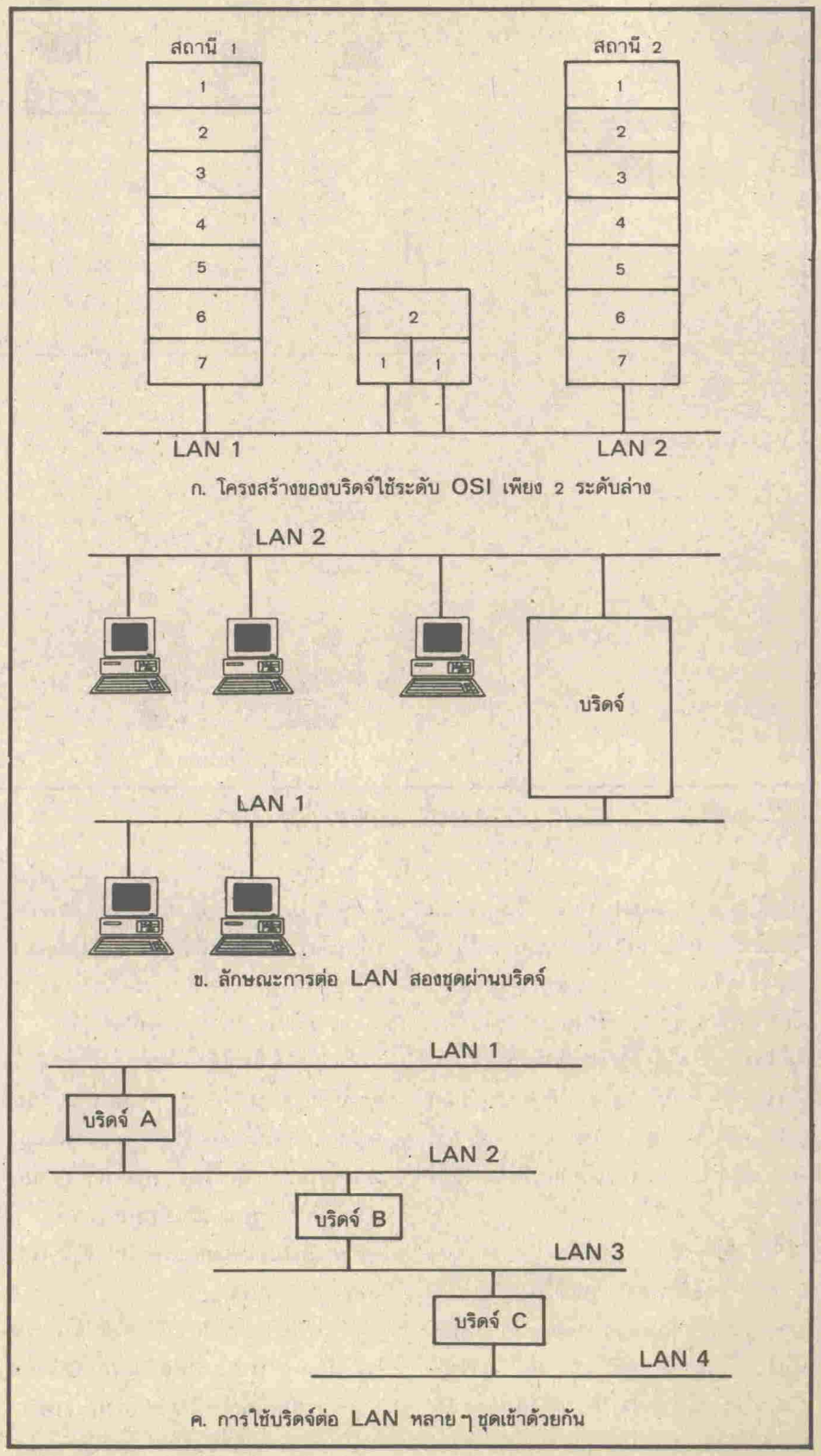
เราต์เตอร์ทำงานในลักษณะที่จะหาเส้นทางการส่งผ่านแยกเก็บข้อมูลให้ เช่น ในเครือข่ายแบบดาว (star) ที่แต่ละกิ่งเป็นเสมือนเซกเมนต์ของเครือข่าย เราต์เตอร์จะหาเส้นทางการเดินทางของข้อมูล และในกรณีที่ใช้ต่อกับแบคโบนที่มีเครือข่ายย่อยหลาย ๆ เครือข่าย เราต์เตอร์จะทำการปรับทิศทางการส่งผ่านข้อมูลเพื่อควบคุมการไหลของข้อมูลตามความหนาแน่นที่เหมาะสม หรือหากเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งเสียหายไม่สามารถไปได้ ก็จะเลือกเส้นทางใหม่ เพื่อให้ข้อมูลไปถึงปลายทางตามที่ต้องการได้

เกตเวย์ (gate ways)

ในกรณีของ LAN สองเครือข่ายที่มีลักษณะโปรโตคอลต่างกันโดยสิ้นเชิง เช่น ใช้ TCP/IP กับ SNA หรือ DECnet ในกรณีนี้เราต์เตอร์ไม่สามารถเชื่อมโยงได้เพราะจะต้องเชื่อมโยงเลยระดับบนอีกและโครงสร้างของโปรโตคอลระดับบนก็ต่างกัน ดังนั้นจึงมีผู้ออกแบบอุปกรณ์เชื่อมเครือข่ายที่ต่างกันในลักษณะนี้แล้วตั้งชื่อว่า เกตเวย์ (gate ways) เกตเวย์จะมีบทบาททำให้ระบบเครือข่ายต่างมาตรฐานกันทั้งซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์เชื่อมโยงกัน โครงสร้างของการเชื่อมสองเครือข่ายตามลักษณะโมเดลของ OSI เป็นดังรูปที่ 12

แบคโบน (Backbones)

แบคโบนคือ เครือข่ายความเร็ว

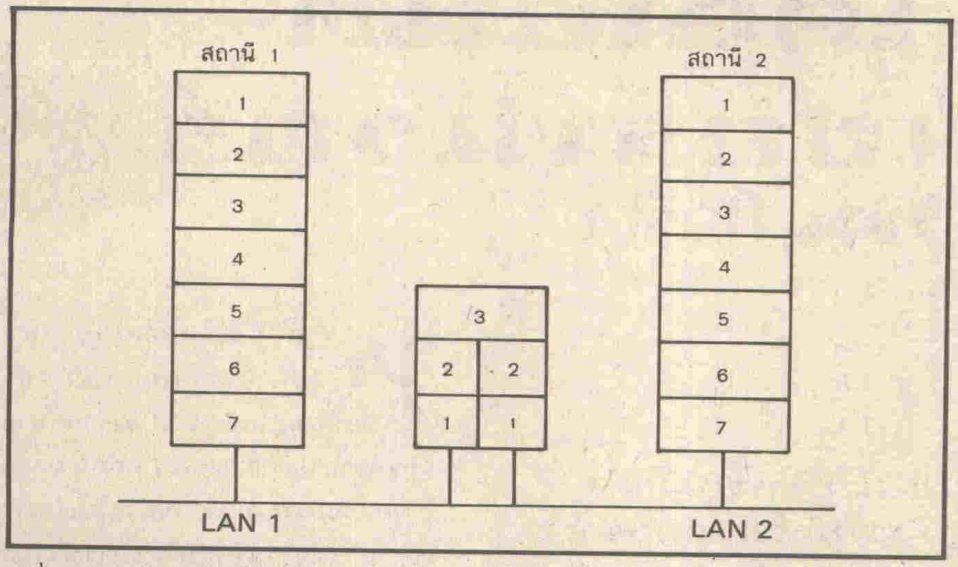


ก. โครงสร้างของบริดจ์ใช้ระดับ OSI เพียง 2 ระดับล่าง

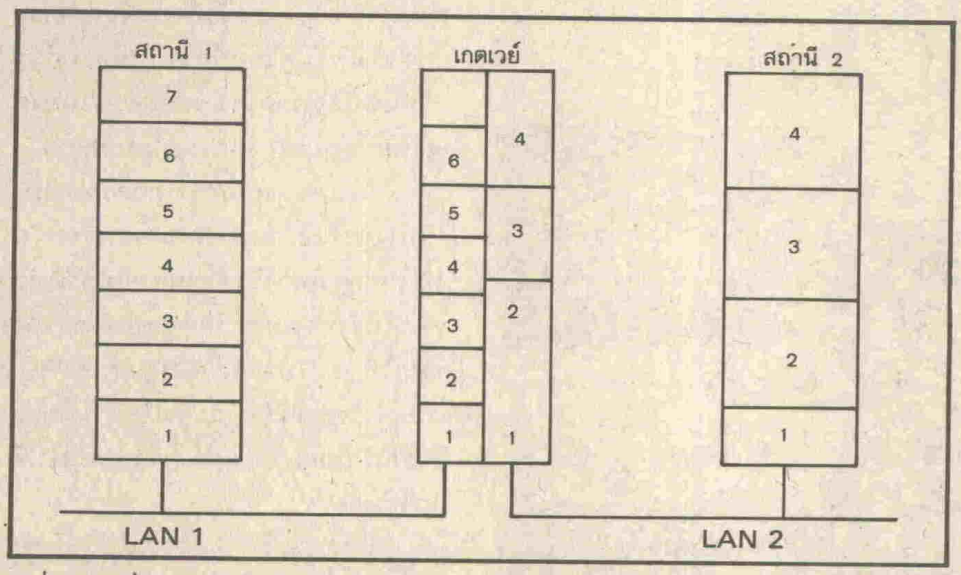
ข. ลักษณะการต่อ LAN สองชุดผ่านบริดจ์

ค. การใช้บริดจ์ต่อ LAN หลาย ๆ ชุดเข้าด้วยกัน

รูปที่ 10



รูปที่ 11 โครงสร้างเราต์เตอร์บนโมเดล OSI



รูปที่ 12 การเชื่อมต่อ LAN สองเครือข่ายด้วยเกตเวย์

ของการรับส่งข้อมูลสูง เพื่อเชื่อมต่อกับ LAN หลาย ๆ เครือข่ายที่มีการติดต่อสื่อสารในรูปแบบโปรโตคอลเดียวกัน หรือต่างกัน โดยอาศัย ทางบริดจ์และเราต์เตอร์

แบคโบนจึงเป็นเครือข่ายหลักที่จะให้เครือข่ายย่อย ๆ เชื่อมโยง โดยมีการกำหนดมาตรฐานสำหรับแบคโบนไว้เป็น IEEE802.6 ซึ่งมีโครงสร้างที่จะให้เป็นแกนหลักสำหรับการรับข้อมูลร่วมกับเสียงและวิดีโอ

นอกจากนี้ยังมีการออกแบบเครือข่ายแบคโบนด้วยไฟเบอร์ออปติก หรือเส้นใยแสง โดยกำหนดเป็นมาตรฐานที่ชื่อ FDDI ความเร็วของการส่งใน FDDI มีได้ถึง 100 MBPS

แบคโบนจึงเสมือนเป็นถนนสายหลักสำหรับข้อมูล หรือเป็นเครือข่ายหลัก โดยมี LAN ย่อยที่เชื่อมต่อเป็นถนนสายรอง เพื่อให้ทุกสถานีบนเครือข่ายสามารถติดต่อเชื่อมโยงต่อกันได้ทั้งหมด

ระบบการจัดการเครือข่าย (Network management)

เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่งที่เกาะอยู่บนเครือข่าย เพื่อทำหน้าที่ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในเครือข่าย ดูปัญหาที่เกิดขึ้นกับสายตัวกลางหรือปัญหาที่เกิดขึ้นกับข้อมูลบางส่วน ทำบัญชีและระบบคิดเงินสำหรับผู้ที่ใช้บริการอยู่ในเครือข่าย จัดระบบความปลอดภัยของการเข้าถึงส่วนต่าง ๆ ของเครือข่าย ระบบการจัดเครือข่ายจึงเป็นเรื่องสำคัญของสถาปัตยกรรม ตามรูปแบบ OSI การจัดการเครือข่ายในมาตรฐานของ TCP/IP จะมีโปรโตคอล SNMP เป็นตัวช่วยดำเนินการ กล่าวคือในระบบจัดการเครือข่ายจะส่งข้อมูลคำถามไปยังอุปกรณ์ย่อยอื่น ๆ ให้ส่งข้อมูลตอบกลับมาที่อุปกรณ์จัดการเครือข่ายเพื่อดูสถานะและส่งสัญญาณควบคุมต่าง ๆ

อุปกรณ์ประกอบเครือข่ายพัฒนาไปมาก

เท่าที่กล่าวมาในบทความนี้เป็นเพียงการแนะนำให้รู้จักกับอุปกรณ์ประกอบเครือข่ายที่สำคัญ และเข้ามามีบทบาทในการสร้างเครือข่าย อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์จัดการเครือข่ายได้พัฒนาไปมาก เป็นเรื่องที่ผู้ใช้ต้องติดตามให้ความสนใจเพิ่มเติมต่อไป